

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Досаева Александра Сергеевича

«Численное моделирование нелинейной динамики волн на воде

с использованием метода конформных преобразований»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 1.6.17 — Океанология

Актуальностью тема диссертационной работы обязана особой роли, которую коротковолновые компоненты поверхностного волнения играют при формировании радиоизображений морской поверхности, а также в процессах обмена импульсом, теплом и веществом между океаном и атмосферой. Работа преимущественно посвящена развитию и применению точных потенциальных моделей, основанных на уравнениях в конформных координатах, для моделирования ветровых волн дециметрового диапазона. В ней также уделяется внимание попыткам преодолеть основное ограничение конформных методов и перейти от плоских задач к учету трехмерных эффектов с исследованием границ применимости квазитрехмерной конформной модели. Кроме того, в работе проводится моделирование волн на потоке с постоянной завихренностью — данная задача представляет интерес как простейшая модель взаимодействия волн со сдвиговым течением. Рассматривается область параметров, в которой для системы известна приближенная интегрируемая модель — уравнение Бенджамина-Оно.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 106 страниц, включая 32 рисунка и 1 таблицу. Список литературы содержит 136 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность работы, формулируются ее цели и задачи.

Первая глава, содержащая обзор литературы по теме численного моделирования нелинейных волн на воде, посвящена главным образом сравнению полностью нелинейных потенциальных моделей со слабонелинейными моделями и моделями на основе уравнений Навье-Стокса.

Во **второй главе** излагаются результаты моделирования гравитационно-капиллярных волн и исследуется природа горизонтальной асимметрии их профилей. Уравнения движения в конформных координатах дополняются поправками, имитирующими влияние вязкости и ветровой накачки. В рамках полученной модели анализируется процесс формирования стационарных гравитационно-капиллярных волн и изучаются факторы, влияющие на форму их осредненных профилей, в том числе взаимодействие дециметровой волны с пакетом коротковолновой ряби. Результаты моделирования сопоставляются с численными экспериментами, описанными в литературе, и с доступными данными лабораторных измерений.

Третья глава посвящена моделированию уединенных волн на глубокой воде на сдвиговом течении (с постоянной завихренностью). Численно конструируются профили стационарных волн, относящихся к слабодиспергирующей ветви дисперсионного соотношения, и демонстрируется переход от периодических решений к уединенным волнам в пределе больших периодов. Полученные решения сравниваются с решениями уравнения Бенджамина-Оно. Воспроизводятся распад локализованного возмущения на один или несколько солитонов, а также столкновение двух солитонов. Как показывают результаты моделирования, в рамках точных уравнений солитоны взаимодействуют между собой почти упруго, однако, в отличие от предсказаний уравнения Бенджамина-Оно, могут получать в результате столкновения фазовые сдвиги.

В **четвертой главе** исследуются границы применимости квазитрехмерной конформной модели, допускающей, вдобавок к двум вещественным координатам на плоскости комплексной переменной, медленное изменение всех полей вдоль третьей поперечной координаты. Описывается присущая такой системе в ее оригинальном виде нефизичная неустойчивость к коротковолновым поперечным возмущениям, и предлагается регуляризация, позволяющая избавиться от этой неустойчивости. Воспроизводится анализ устойчивости волны Стокса и результаты сравниваются с данными анализа в рамках точных трехмерных уравнений.

В **заключении** сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

Научная новизна работы определяется новыми методами исследования и полученными оригинальными результатами. Впервые поставлен вопрос о природе горизонтальной асимметрии гравитационно-капиллярных волн и предложен физический механизм этой асимметрии. В рамках точных уравнений движения исследовано взаимодействие солитонов на глубокой воде с постоянной завихренностью (на сдвиговом течении). Выявлены границы применимости квазитрехмерной конформной модели, которая ранее использовалась только для изучения процесса развития модуляционной неустойчивости, и предложен способ регуляризации модели, устраняющий неустойчивость к поперечным возмущениям.

Достоверность результатов подтверждается сравнениями с данными экспериментальных наблюдений, аналитическими и численными расчетами в рамках иных моделей. Основные положения диссертации опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах, таких как «Акустический журнал», «Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа», «Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана», «Journal of Fluid Mechanics», «Physics of Fluids» и др. Автореферат правильно отражает основное содержание диссертационной работы.

К сильным сторонам диссертационной работы следует отнести тот факт, что она представляет собой нечто большее, чем стандартная диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. Это хорошо видно не только из количества и качества публикаций, но также и из высокой плотности результатов в тексте работы, далеко не все из которых вошли в защищаемые положения или основные результаты работы. Например, чрезвычайно интересный вопрос о «неединственности аттракторов гравитационно-капиллярных волн», обсуждаемый на стр. 27-28, не находит своего развития и никак не отражен в положениях или результатах.

Попытка вместить большой объем результатов в формат кандидатской диссертации является основным источником недостатков рассматриваемой диссертационной работы, которые будут перечислены ниже.

1. В качестве цели работы, которая должна соответствовать специальности 1.6.17 — Океанология, было бы правильно считать исследование особенностей нелинейной динамики поверхностных волн на воде, а задачами — развитие необходимых для этого обобщенных моделей, основанных на методе конформных преобразований и т. п. Во Введении (стр. 7 диссертации) автор в качестве цели указывает «...построение обобщенных моделей...».

2. Практическая значимость (стр. 8 диссертации) сформулирована скорее как научная значимость. Если в первом абзаце практический выход хотя бы обозначен («Данный результат является шагом к разработке модели асимметрии гравитационно-капиллярных волн для дистанционного зондирования»), а в третьем абзаце хотя бы декларируется («Полученные результаты открывают новые возможности по практическому применению квазитрехмерной модели.»), то во втором абзаце нет даже намека на возможное практическое использование результатов.

3. Значительное число публикаций соискателя англоязычные. Рисунки, перенесенные из оригинальных статей без адаптации (подписи англоязычные), и не приведенные к единым обозначениям, во многих случаях не читаются отдельно от текста. Т. е. из подписи к рисунку невозможно сделать однозначный вывод, что на нем изображено. Например, что такое T_0 на Рисунке 2.3? В тексте величина T_0 также не определена. Рисунки 2.6, 2.7 — не подписана вертикальная ось. Рисунок 2.8 — в подписи указано, что изображены «Слагаемые в осредненном уравнении (2.25)... p_{wind} ... p_{visc} ». Но слагаемые p_{wind} и p_{visc} отсутствуют в уравнении (2.25). Рисунок 2.17 — в подписи к рисунку написано «Асимметрия профиля волны и ширина пакета капиллярной ряби как функции коэффициента вязкости (слева) и коэффициента поверхностного натяжения (справа)», но по оси абсцисс и слева, и справа указана одинаковая величина $k\Delta$. Рисунок 2.19 — надо догадываться, что изображено на фрагменте внизу рисунка (подписи осей фрагмента отсутствуют), фрагмент не упомянут в подписи к рисунку. Список подобных примеров можно было бы существенно расширить.

4. Работа во многом посвящена численным методам, или, точнее, соискатель использует численные методы для анализа конкретных физических систем. Но при этом в диссертационной работе фактически отсутствует описание традиционных для численных моделей элементов, таких как построение сеток, методы решения, среда, в которой написаны коды, использованные вычислительные мощности и т. п.

5. В тексте встречаются жаргонизмы («паразитная рябь», «капиллярная «бульба»» и т. п.). В целом текст читается тяжело, изложение материала было бы правильно дать более развернуто, при этом часть результатов можно было бы опустить. Например, если опустить Главу 3, и подробнее изложить материал Глав 2 и 4, то это позволило бы сделать диссертационную работу более сбалансированной и понятной читателю.

Высказанные замечания не имеют принципиального характера и не подвергаются сомнению общий высокий научный уровень работы, обоснованность выводов и положений, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертация удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Досаев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 — Океанология.

Выражаю согласие на обработку диссертационным советом моих персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

Официальный оппонент:

Носов Михаил Александрович

Доктор физико-математических наук по специальности 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы, профессор

Заведующий кафедрой физики моря и вод суши, физический факультет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, д. 1, стр. 2.

e-mail: nosovma@my.msu.ru

Телефон: +7-495-939-16-77

25 мая 2026 года

Носов Михаил Александрович

Подпись Носова М.А. заверяю:

И.о. декана физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор



В.В. Белокуров